



ANALIZA SUBTELNEJ STRUKTURY WIDMA AKUSTYCZNEGO MOWY
U OSÓB Z ZABURZENIAMI FONACJI

**Analysis of the subtle structure of speech acoustic spectrum for persons
with phonation dysfunctions**

Helena Gawda, Jan Warchol

Międzywydziałowy Zakład Biofizyki, Akademia Medyczna w Lublinie
Department of Biophysics, Medical Academy, Lublin
20-074 Lublin, ul. Spokojna 1
e-mail: janwar@panaceum.am.lublin.pl

Praca jest kontynuacją akustycznych badań traktu głosowego i jego patologicznych stanów z wykorzystaniem analizatora dźwięku SVAN 912 AE firmy Svantek. Utworzona wcześniej baza danych pochodząca od osób mówiących prawidłowo, została wykorzystana do porównania i określenia zdolności artykulacyjnych pacjentów z polipem krtani i obrzękiem Reinke'go. Wykorzystano w tym celu algorytm porównujący częstotliwości harmonicznych sąsiadujących ze sobą w widmie. Niweluje on jednocześnie cechy osobnicze pacjentów oraz ewentualny wpływ intonacji na ton krtaniowy. Analiza częstotliwości harmonicznych decydujących o strukturze widma, wykazała istnienie czynników zakłócających prawidłową fonację. Jest to efekt korelacji pomiędzy pobudzeniem krtaniowym i własnościami akustycznymi kanału głosowego. Analiza fizycznych parametrów finalnego produktu działania artykulatorów jakim jest sygnał mowy, umożliwia scharakteryzowanie czynnika zaburzającego fonację. Jest to istotny element prowadzący do obiektywizacji badań stanów patologicznych narządu głosowego. Praca ma na celu wprowadzenie w problematykę badań pacjentów z patologiami narządu głosowego. Ocena wpływu zaburzeń na fonację, wynikająca ze zmian w widmie akustycznym ma kluczowe znaczenie i może posłużyć w przyszłości jako narzędzie diagnostyczne.

1. WSTĘP

Poszukiwania optymalnej formy badań akustycznych wspomagających subiektywną diagnostykę odsłuchową [7, 8], prowadzą do wyjaśnienia kolejnych właściwości sygnału mowy, takich jak wysublimowana struktura widma i korelacja poszczególnych jego elementów. Problemem wciąż pozostaje dokładność obiektywnej oceny zaburzeń mowy, uwarunkowana ogromną ilością informacji koniecznych do przetworzenia w celu postawienia trafnej diagnozy [8]. Z pomocą przychodzą nam systemy komputerowe dysponujące odpowiednią mocą obliczeniową. Najpierw należy jednak stworzyć odpowiednią metodę badawczą opartą na typowych działaniach analitycznych, zdolną do

zaadaptowania jako narzędzie diagnostyczne. Niniejsza praca jest efektem poszukiwania takiej metody, w oparciu o badania akustyczne dwóch grup pacjentów z rozpoznaniem klinicznym patologii narządu głosowego w postaci polipu krtani (polypus laryngis) i obrzęku Reinke'go (oedema Reinke) [1, 9, 10]. Zdolności artykulacyjne tych pacjentów zostały porównane z grupą kontrolną składającą się z osób u których nie występują zaburzenia fonacji.

Dobór odpowiedniej techniki pozyskiwania materiału badawczego jest istotnym czynnikiem ułatwiającym pracę z pacjentem. Zastosowanie w tej pracy analizy samogłosek miało na celu ułatwienie im zadania. Większość osób obarczonych wadami wymowy potrafi bez większych problemów wymawiać samogłoski, natomiast artykulacja niektórych spółgłosek lub też całych wyrazów może być poważnie utrudniona.

Ogółem przebadano 60 osób w grupie kontrolnej [3, 4, 5, 6], 10 osób z polipem krtani i 10 osób z obrzękiem Reinke'go. Badane osoby pochodziły z różnych środowisk (studenci, pracownicy umysłowi i fizyczni zatrudnieni w różnych zakładach pracy). Zadaniem ich było wypowiadać polskie samogłoski (A, E, I, O, U, Y) spokojnie, możliwie jak najdłużej, bez intonacji i każdą na osobnym wydechu. Badania poprzedzone były serią ćwiczeń oddechowych oraz instrukcją o sposobie artykulacji.

2. UKŁAD POMIAROWY

Próbki dźwiękowe wypowiedzi badanych osób zostały zarejestrowane na nośniku cyfrowym typu MiniDisc firmy Sony. Złączem liniowym typu BNC próbki dźwiękowe zostały następnie przeniesione do analizatora dźwięku SVAN 912 firmy Svanek.

Za pomocą tego urządzenia dokonano analizy sygnału w dziedzinie częstotliwości, prowadzonej przy pomocy algorytmu szybkiej transformacji Fouriera FFT (Fast Fourier Transform) [2]. W czasie pomiaru obliczana jest zadana ilość widm, a ich odległość w skali czasu uzależniona jest od ich rozdzielczości. Specyfika układu pomiarowego pozwoliła na osiągnięcie w obliczonych widmach rzeczywistej rozdzielczości rzędu kilku Hz.

Każde widmo jest uśredniane liniowo, a następnie skanowane i zapisywane do bufora pamięci urządzenia. Stamtąd złączem typu RS dane są przekazywane do komputera, gdzie zostają poddane procesowi wizualizacji. Polega on na przedstawieniu wykresu widma w formie umożliwiającej dokładny odczyt wartości liczbowych częstotliwości, charakterystycznych dla danej wypowiedzi. Format danych pochodzących z odczytu przekształcany jest następnie do postaci umożliwiającej wprowadzenie ich do bazy danych programu Excel firmy Microsoft.

3. METODYKA BADAŃ

W trakcie badań analizowano charakterystyczne częstotliwości (piki) występujące w strukturze widm samogłosek. Są to kolejne harmoniczne (f_n) powstające na bazie tonu podstawowego (f_0). Zastosowano algorytm (1), którego zadaniem było porównanie częstotliwości sąsiadujących ze sobą „pików”:

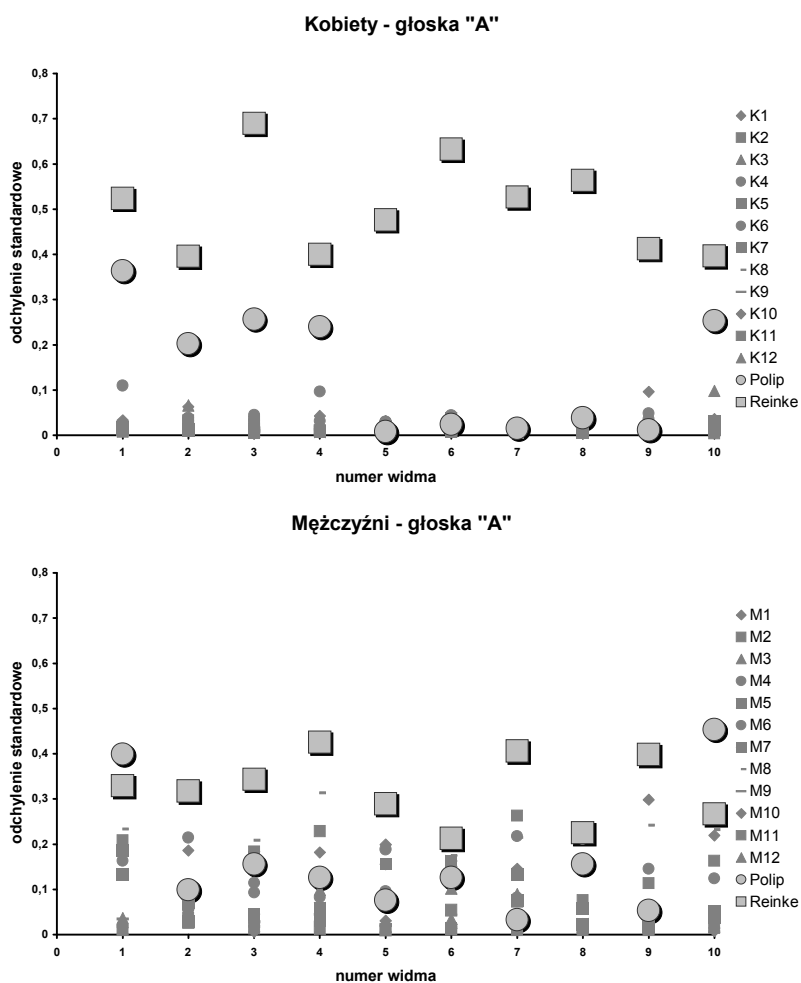
$$A_i = (f_n - f_{n-1})/f_0 \quad (1)$$

gdzie: A_i oznacza kolejne porównanie.

Zastosowanie dzielenia przez f_0 niweluje wpływ różnic cech osobniczych i ewentualnej intonacji. Kolejnym krokiem było obliczenie odchylenia standardowego S_{A_i} wyników algorytmu (1) w obrębie badanego widma:

$$S_{A_i} = [\Sigma(A_i - A_{i\text{śr}})^2 / n(n-1)]^{1/2} \quad (2)$$

Dzięki analizie statystycznej badania dotyczą bezpośrednio wszystkich badanych osób, przy jednoczesnym zachowaniu podziału na poszczególne głoski. Obróbka danych polegała na przedstawieniu zmian odchylenia (2) w czasie, czyli zależności od numeru kolejnego obliczonego widma. Na przykładowych wykresach (Rys. 1.) przedstawiono wyniki z badań jednej z osób z polipem krtani (**Polip**) i jednej z obrzękiem Reinke'go (**Reinke**), oraz wyniki z grupy kontrolnej z przedziału wiekowego 40-50 lat (**K 1-12, M 1-12**).



Rys. 1. Przykładowe porównanie wartości odchylenia standardowego (2) osób z grupy kontrolnej oraz pacjentów z polipem krtani i obrzękiem Reinke'go.

4. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Na podstawie analiz ustalono, że sposób artykulacji podczas zaburzonej fonacji ma wpływ głównie na częstotliwość wtórnych tonów harmoniczných. W grupie pacjentów z obrzękiem Reinke`go stwierdzono znacznie większą niż w innych grupach, nieregularność występowania tonów harmoniczných będących wielokrotnościami tonu podstawowego. Oznacza to poważne zaburzenie prawidłowej pracy strun głosowych na skutek ich zmian strukturalnych. Obrzęk Reinke`go jest diagnozowany głównie u kobiet ze względu na obniżenie częstotliwości tonu krtaniowego, a wyniki potwierdzają ten fakt. W przypadku mężczyzn bowiem różnice wartości odchylenia standardowego (2) są mniejsze.

W przypadku polipów wykazano tylko nieznaczny wpływ na zaburzenia artykulacji. Znajduje to potwierdzenie w trakcie wywiadu. Pacjenci z polipami skarżą się na zaburzenia fonacji sporadycznie. Większy problem stanowi duszność wdechowa. Dysfonia ujawnia się tylko w przypadku wydotkania się polipu spod fałdów głosowych.

Innym faktem są widoczne zmiany wartości odchylenia standardowego wyników algorytmu (1) - a co za tym idzie warunków artykulacyjnych - w trakcie obliczania kolejnych widm. Potwierdza to tezę, że powstawanie barwy głosu nie jest zjawiskiem pasywnym i dowodzi aktywnej zmienności kształtu artykulatorów podczas fonacji. Zastosowana metoda badawcza jest więc trafna i skutecznie może określać zdolność artykulacyjną traktu głosowego.

Otrzymane wyniki potwierdzają możliwość diagnostyki patologii narządu głosowego metodami akustycznymi. W kolejnym etapie badania zostaną rozszerzone na jak największą grupę pacjentów ze schorzeniami występującymi w obrębie krtani.

LITERATURA

1. B. Bailey, Laryngoscope, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, 1995.
2. Cz. Basztura, Komputerowe systemy diagnostyki akustycznej, PWN, Warszawa, 1996.
3. H. Gawda, J. Warchoł, Analiza subtelnej struktury widma akustycznego samogłosek polskich, XLVIII Open Seminar on Acoustics, Wrocław-Polanica Zdrój, pp. 139-142, September 11-14, 2001.
4. H. Gawda, J. Warchoł, Subtelna struktura widma akustycznego samogłosek polskich dla mowy niezaburzonej, Wave Methods and Mechanics in Biomedical Engineering, Kraków-Zakopane, pp. 15-18, April 5-7, 2000.
5. H. Gawda, J. Warchoł, J. Dorobek, Tworzenie bazy porównawczej dla badań stanów patologicznych traktu głosowego, XLVII Open Seminar on Acoustics, Rzeszów-Jawor, pp. 681-684, September 19-22, 2000.
6. H. Gawda, J. Warchoł, Baza porównawcza dla badań stanów patologicznych narządu głosowego XLIX Open Seminar on Acoustics, Warszawa – Stare Jabłonki, pp. 361-366, September 9-13, 2002.
7. G. Janczewski, T. Goździk-Żołnierkiewicz, Konsultacje otolaryngologiczne, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1990.
8. A. Obrębowski, J. Kraśny: Foniatryczna ocena narządu mowy, Nowa Med. 2000, s. 28-30.
9. A. Zakrzewski, Otolaryngologia kliniczna, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 1972.
10. M. Zaleska-Kręcicka, T. Kręcicki, Zarys otolaryngologii, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 1998.